

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号

第2848144号

(45)発行日 平成11年(1999)1月20日

(24)登録日 平成10年(1998)11月6日

(51)Int.Cl.<sup>8</sup>

識別記号

FI

G02F 1/01

G02F 1/01

C

G02B 6/12

G02B 6/12

H

請求項の数8(全7頁)

(21)出願番号 特願平4-214115

(22)出願日 平成4年(1992)8月11日

(65)公開番号 特開平6-59293

(43)公開日 平成6年(1994)3月4日

審査請求日 平成9年(1997)5月21日

(73)特許権者 000005120

日立電線株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目1番2号

(72)発明者 井本 克之

茨城県土浦市木田余町3550番地 日立電線株式会社アドバンスリサーチセンタ内

(74)代理人 弁理士 網谷 信雄

審査官 津田 俊明

(58)調査した分野(Int.Cl.<sup>8</sup>, DB名)

G02F 1/01

G02F 1/313

G02B 6/12

(54)【発明の名称】 チューナブル光フィルタ

1

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】 2つの方向性結合器間を長さの異なる2つの導波路でつないだマッハツェンダ型光フィルタにおいて、基板上に第1の屈折率を有した第1クラッド層を設け、該第1クラッド層の上に第1の屈折率より大きな第2の屈折率を有したコアを形成し、その上部を別の屈折率を有した第2クラッド層で被覆して導波路を形成し、第1クラッド層及びコアにガラスを用い、第2クラッド層に高分子材料を用いて構成すると共に、該導波路を加熱するためのヒータを設けたことを特徴とするチューナブル光フィルタ。

【請求項2】 2つの方向性結合器間を2つの異なる長さの導波路でつないだマッハツェンダ型光フィルタにおいて、基板上に第1の屈折率を有した第1クラッド層を設け、該第1クラッド層の上に第1の屈折率より大きな

2

第2の屈折率を有したコアを形成し、その上部を第2の屈折率より小さな第3の屈折率を有した中間層及び第2クラッド層で被覆し導波路を形成し、第1クラッド層、コア、及び中間層にガラスを用い、第2クラッド層に高分子材料を用いて構成すると共に、該導波路を加熱するためのヒータを設けたことを特徴とするチューナブル光フィルタ。

【請求項3】 上記2つの導波路の屈折率は、少なくとも1部分が異なっていることを特徴とする請求項1又は2記載の光フィルタ。

【請求項4】 上記ヒータは上記2つの導波路のいずれか一方、或いは両方のコア近辺に設けられ、且つ電圧印加端子に接続されていることを特徴とする請求項1～3いずれか記載のチューナブル光フィルタ。

【請求項5】 第2クラッド層の高分子材料として、シ

## 3

リコンを用いたことを特徴とする請求項1～3いずれか記載のチューナブル光フィルタ。

【請求項6】 中間層の厚みが $0.01\mu\text{m}\sim 8\mu\text{m}$ の範囲にあることを特徴とする請求項2記載のチューナブル光フィルタ。

【請求項7】 2つの導波路の間に基板に熱遮断用穴を設けた請求項1～5いずれか記載のチューナブル光フィルタ。

【請求項8】 2つの導波路の間に基板に熱遮断用スリットを設けた請求項1～5いずれか記載のチューナブル光フィルタ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、所望周波数の光信号を電氣的に同調して分岐させる機能をもったチューナブル光フィルタに係り、小型構造でチューニング範囲が広く、応答時間の速いチューナブル光フィルタに関するものである。

【0002】

【従来の技術】1つの波長領域に50波以上の光信号を波長多重化する光周波数分割多重(FDM)伝送が将来の光通信方式として期待されている。このFDM伝送では、所望周波数の光信号を低損失で分岐する機能をもった光フィルタの開発が不可欠である。この光フィルタとしてはマッハツェンダ型光フィルタがよく知られている。しかし、この光フィルタは、構造パラメータ(導波路の長さ、厚み、幅、比屈折率差等)のわずかな偏差によって出力端に出力される2つの周波数 $f_1$ 、 $f_2$ の周波数間隔がずれてしまうという問題点があった。

【0003】そのために、従来、図8に示すように、2つの異なる長さの導波路81、82のうちの1つの導波路の近傍に薄膜ヒータ(Crヒータ)83を形成し、この薄膜ヒータ83に電圧を印加し、その印加電圧を調節することによって導波路の伸び縮み $\Delta L/2$ を生じさせ、それによって所望の周波数の光信号を分岐させる方法が検討されている。図8で84は方向性結合器、85、86は入力ポート、87、88は出力ポートを示している。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】図8の光フィルタには次のような問題点がある。

【0005】(1)ヒータ83に電圧を印加し、その印加電圧を調節しても周波数 $f_1$ および $f_2$ のチューニング範囲を広くとることがむずかしい。なぜならば、上記光フィルタは石英系導波路構造で構成されているため、ヒータ加熱により、温度を $10\sim 100^\circ\text{C}$ の範囲で変えても導波路の屈折率はほとんど変化しない(屈折率変化量： $\sim 10^{-5}/^\circ\text{C}$ )ためである。したがって、この構成では周波数のチューニングを屈折率調節よりも導波路長の調節にたよっている。しかし、導波路長の伸び縮みは

## 4

分波特性に偏向特性をもたらすという問題点がある。

【0006】(2)光フィルタが石英系導波路構造で構成されているため、コアとクラッドとの比屈折率差を大きくとることができない(現状の最大比屈折率 $\sim 1\%$ )。そのため、光フィルタを小型化することができない。また面積が大きいだけ熱の応答特性が遅く、チューニングの応答時間も遅い。

【0007】(3)比屈折率差を大きくとることができないために、導波路81及び82の曲率半径Rが大きくなり、その結果、伝搬損失も小さくすることがむずかしい。

【0008】従って、本発明の目的は、前記した従来技術の欠点を解消し、小型構造でチューニング範囲が広く、応答時間の速いチューナブル光フィルタを提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために本発明は、基板上に第1の屈折率を有した第1クラッド層を設け、この第1クラッド層の上に第1の屈折率より大きな第2の屈折率を有したコアを形成し、その上部を別の屈折率を有した第2クラッド層で被覆して導波路を形成し、第1クラッド層及びコアにガラスを用い、第2クラッド層に高分子材料を用いて構成すると共に、この導波路を加熱するためのヒータを設けたものである。

【0010】或いは、基板上に第1の屈折率を有した第1クラッド層を設け、該第1クラッド層の上に第1の屈折率より大きな第2の屈折率を有したコアを形成し、その上部を第2の屈折率より小さな第3の屈折率を有した中間層及び第2クラッド層で被覆し導波路を形成し、第1クラッド層、コア、及び中間層にガラスを用い、第2クラッド層に高分子材料を用いて構成すると共に、該導波路を加熱するためのヒータを設けてもよい。

【0011】上記2つの導波路の屈折率は、少なくとも1部分が異なっているもよい。

【0012】上記ヒータは上記2つの導波路のいずれか一方、或いは両方のコア近辺に設けられ、且つ電圧印加端子に接続されているもよい。

【0013】第2クラッド層の高分子材料として、シリコンを用いてもよい。

【0014】中間層の厚みが $0.01\mu\text{m}\sim 8\mu\text{m}$ の範囲にあってもよい。

【0015】2つの導波路の間に基板に熱遮断用穴を設けてもよい。

【0016】2つの導波路の間に基板に熱遮断用スリットを設けてもよい。

【0017】

【作用】上記構成により、第2クラッド層に高分子材料を用いているので、ヒータに電圧を印加することによって高分子材料の屈折率を大幅に変えることができ、その結果、中心周波数を広範囲に制御することができる。

(3)

特許-2848144

5

【0018】また、高分子材料はガラスに比して屈折率が低いので比屈折率差を大きくとることができ、結果的に小型サイズの光フィルタを実現することができる。

【0019】さらに高分子材料の第2クラッド層はコーティングによって容易に形成することができるので、製造プロセス代が安くなる。

【0020】また、サイズが小型になれば、ヒータの加熱による中心周波数の応答性もよくなり、また低消費電力でチューニングが可能となる。

【0021】さらにサイズの小型化により導波路の伝搬損失も低くすることができる。

【0022】また、本発明はヒータ加熱による導波路の屈折率変化を利用して中心周波数をチューニングする方式であるので、従来のように導波路長変化による方式に比べて偏光依存性が小さい。

【0023】

【実施例】図1に本発明の導波路型チューナブル光フィルタの実施例を示す。図1(b)は正面図、図1(a)は上面図であるが、図1(b)のA-A断面図を示したものである。この構成は、基板1(例えばSi)上に屈折率が $n_{c1}$ の第1クラッド(例えば $SiO_2$ )の層2が形成され、その第1クラッド層2の上に屈折率が $n_w$ ( $n_w > n_{c1}$ )で略矩形状のコア3(3-1, 3-2, 3-3及び3-4)が、例えば $SiO_xNyHz$ を用いて形成されている。また第1クラッド層2の上には薄膜状のヒータ7(例えばCr, Ti膜で形成したも

(2m+1)C

$$f_1 = \frac{C}{2(n_1 l_1 - n_2 l_2)} \quad \dots (1)$$

C

$$f_2 = \frac{C}{2(n_1 l_1 - n_2 l_2)} \quad \dots (2)$$

【0025】ただし、C：真空中の光速  
m=0, 1, 2, 3, ...  
で表わされる。

【0026】式(1)及び(2)からわかるように、 $n_1$ を変えれば、 $f_1$ 及び $f_2$ を制御できることがわかる。次に、上記構成で $n_1$ を温度によってどの程度可変可能かの実施例を図2に示す。この図2は石英ガラスとシリコン(信越シリコン製、型名OF8)の屈折率の温度依存性を示したものである。シリコンの屈折率は20℃～80℃の範囲で屈折率を±0.6%程度変えることができる。すなわち、 $f_1$ 、 $f_2$ もそれと同程度チューニングすることができる。第2クラッド層4がガラスの場合には温度制御では $f_1$ 、 $f_2$ をチューニングすることがむずかしいことが石英ガラスの屈折率の温度依存性からも明白である。

6

の)と給電線8(8-1および8-2)もパターン化されている。そして上記コア3-1～3-4、ヒータ7、給電線8-1及び8-2の表面には屈折率が $n_{c2}$ ( $n_{c2} < n_w$ )の第2クラッド層4(高分子材料たとえばシリコン)が被覆されている。コア3-1～3-4は第1クラッド層2上に、入力側及び出力側方向性結合器5(5-1及び5-2)間を互いに長さの異なる2つの導波路6(第1の導波路6-1及び第2の導波路6-2)でつないだマッハツェンダ型光フィルタをパターン化している。給電線8-1と8-2間には電圧を印加できるように電圧印加端子9-1と9-2が設けられている。この構成の特長は、第1クラッド層2及びコア3-1～3-4にガラスを用い、第2クラッド層4に高分子材料を用いた点にある。すなわち、第2クラッド層4に高分子材料を用いているので、ヒータ7に電圧を印加して第1の導波路6-1近辺の温度を変えると、その近辺の第2クラッド層4の屈折率が変化し、それによって出力側方向性結合器5-2から出力される中心周波数 $f_1$ 、 $f_2$ をチューニングすることができる。ここで、 $f_1$ 、 $f_2$ と、第1の導波路6-1側の等価屈折率 $n_1$ (等価屈折率とはコアとクラッドとの比屈折率差に依存するもの)、導波路長 $l_1$ 、第2の導波路6-2側の等価屈折率 $n_2$ および導波路長 $l_2$ との関係を本発明者が解析した結果で示すと、

【0024】

【数1】

【0027】図3は本発明の導波路型チューナブル光フィルタの第2の実施例を示したものである。図1の構成と異なっている点は第2クラッド層4を第1クラッド層2上に形成されたコア3-1～3-4、ヒータ7、給電線8-1及び8-2の表面上に被覆する前に、中間層10(たとえば $SiO_2$ )を覆った点である。この中間層10はガラスで構成し、厚さ0.01μmから8μm、屈折率 $n_i$ ( $n_i < n_w$ )に選ばれる。そしてこの中間層10をコア3-1～3-4の保護膜用として作用させ、コア3-1～3-4内を伝搬する光がコアと第2クラッド層4との界面の不均一性によって散乱するのを抑えることができる。また長期的な信頼性という点で、第2クラッド層4からのOH基がコア3-1～3-4内に拡散して浸入するのを抑える効果ももたせることができる。この中間層10の厚みはあまり厚くすると、ヒ-

## 7

タ7によって温度を変えても $n_1$ が変わりにくくなるので、薄い方が好ましい。この中間層10はコア3-1～3-4をパターン化した後、たとえば、プラズマCVD法、減圧CVD法等によって形成することができる。なお、図1及び図3において、ヒータ7は、屈折率変化の応答性を良くするために、第1の導波路6-1にできる限り並置（その間隔； $20\mu\text{m}$ 以上）するのが好ましい。またこの長さもできる限り長い方が好ましい。

【0028】図4は本発明の導波路型チューナブル光フィルタの第3の実施例を示したものである。これは、ヒータを第1及び第2の導波路6-1及び6-2のコアの近辺に、7-1及び7-2のごとく並置した構成である。この場合、電圧印加端子9-1と9-2間、9-3と9-4間に印加する電圧はそれぞれ独立に印加する。なお、同図において、基板1にはSi以外にホウケイ酸ガラスのような高屈折率、あるいは石英ガラスのような低屈折率のガラスを用いてもよい。また第1クラッド2にもSiO<sub>2</sub>以外に、屈折率制御用添加物として、実施例のように、P、B等を少なくとも1種添加してもよい。

【0029】図5は本発明の導波路型チューナブル光フィルタの第4の実施例を示したものである。これは第1の導波路6-1と第2の導波路6-2との間に熱遮断面のスリット11を設けた構成である。また穴12-1～12-5を設けた構成である。この熱遮断用のスリット11および穴12-1～12-5を設けることによって、ヒータ7で第1の導波路6-1近辺の温度を制御することができ、第2の導波路6-2側にその温度制御の影響が出にくいようにすることができる。なお、スリット11の代わりに、少なくとも1個の穴を設けてもよい。逆に、穴12-2～12-4の代わりにスリットにしてもよい。またこのスリット11及び穴12-1～12-5内に液体、冷媒等を入れて熱を遮断するようにしてもよい。そしてこれら液体、冷媒等は循環式にして上昇した温度を下げるようにすると、より好都合である。

【0030】図6は本発明の導波路型チューナブル光フィルタの第5の実施例を示したものである。これはヒータ7を第1クラッド層2上に形成する代わりに、第2クラッド層4上に形成した構成である。この実施例ではヒータ7は第1の導波路6-1の真上からはずれた位置に配置されているが、第1の導波路6-1の真上でもよい。またこの実施例では基板1に低屈折率の石英あるいはバイコールガラスを用いたため、第1クラッド層2は省略してある。

【0031】本発明の導波路型チューナブル光フィルタは上記実施例に限定されない。まず式(1)及び(2)からわかるように、 $n_1$ と $n_2$ は最初から異なるように作っておいてもよい。たとえば、第1の導波路6-1と第2の導波路6-2の組成SiO<sub>x</sub>NyHzのNの量を異ならせることによって屈折率は容易に変えられる。そ

## 8

の屈折率の変え方としては、コア3-1～3-4を第1クラッド層2上にパターン化した後、第1及び第2導波路6-1及び6-2のいずれか一方、あるいは両方に、たとえばレーザー光（Ar、CO<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>等のレーザー光）を照射し、その照射光量、照射時間等を変えることによって屈折率を変えることができる。その一例を図7に示す。

【0032】第2クラッド4の高分子材料としては、シリコン以外に、フッ素高分子材料（たとえばポリフッ化ビニリデン）、ポリメタクリル酸メチル等を用いることができる。

【0033】コア3-1～3-4の屈折率 $n_w$ は1.465～1.60の範囲内の値の材料を用いることができる。たとえば、SiO<sub>x</sub>NyHz以外に、P、Ge、Ti、Zn、Al、Na、K等の屈折率制御用添加物を少なくとも1種含んだSiO<sub>2</sub>系あるいはSiO<sub>x</sub>NyHz系材料を用いることができる。なお、コアに用いているSiO<sub>x</sub>NyHz膜はプラズマCVD法によって形成することができるが、この膜形成時に発生する基板の反り（すなわち、応力の発生）は極めて少ないので、偏光依存性の少ない光フィルタを実現することができるという特長もある。また本発明の光フィルタを複数個直列、あるいは並列に組合せた光フィルタとして使ってもよい。たとえば、2つの周波数 $f_1$ 、 $f_2$ を分岐する以外に、 $f_1$ 、 $f_2$ 、 $f_3$ 、 $f_4$ の4波、さらにはそれ以上の数の周波数を分岐する光フィルタにも適用することができる。また第1あるいは第2の導波路に並置してリング共振器を付加し、より高いアイソレーション特性を実現する光フィルタにも適用することができる。また本発明のチューナブル光フィルタはコアに高屈折率の材料を用い、第2クラッド層に低屈折率の材料を用いているので、より比屈折率差を大きくでき、これにより、光フィルタのサイズを大幅に小型化でき、結果的に低損失化も図れるという特長をもっている。

## 【0034】

【発明の効果】以上述べたように、本発明のチューナブル光フィルタは次のような効果をもっている。

【0035】(1) 第2クラッド層に高分子材料を用いているので、ヒータに電圧を印加することによって高分子材料の屈折率を大幅に変えることができ、その結果、中心周波数を広範囲に制御することができる。

【0036】(2) 高分子材料はガラスに比して屈折率が低く、またコアにSiO<sub>x</sub>NyHzを用いているのでNの含有量を増やすことによって高屈折率を実現することができ、結果的にコアとクラッドとの間の比屈折率差の大きい光導波路を構成することができる。そのため、小型サイズの光フィルタを実現することができる。小型になればヒータによる温度制御も容易となり、応答速度の速いチューナブル光フィルタを構成することができ

【0037】(3) 高分子材料の第2クラッド層はコーティングによって容易に形成することができるので、製造プロセス代が安くなる。

【0038】(4) コアに用いている  $\text{SiO}_x\text{NyHz}$  膜は成膜時に応力の発生が少ないので、偏光依存性の少ない光フィルタを実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例を示すチューナブル光フィルタの正面図及び上面断面図である。

【図2】本発明においてシリコンの屈折率の温度依存性を、石英ガラスのそれと比較するための特性図である。

【図3】本発明の別の実施例を示すチューナブル光フィルタの正面図及び上面断面図である。

【図4】本発明の別の実施例を示すチューナブル光フィ

ルタの正面図及び上面断面図である。

【図5】本発明の別の実施例を示すチューナブル光フィルタの正面図及び上面断面図である。

【図6】本発明の別の実施例を示すチューナブル光フィルタの正面図及び上面断面図である。

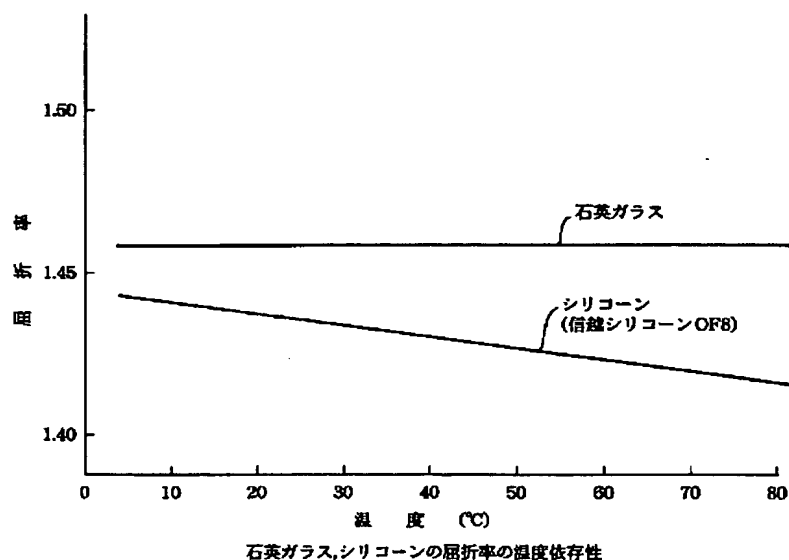
【図7】本発明においてコアに  $\text{Ar}$  ガスレーザ光を照射した時の屈折率の温度依存性を示す特性図である。

【図8】従来例を示すマッハツェンダ型光フィルタの概略図である。

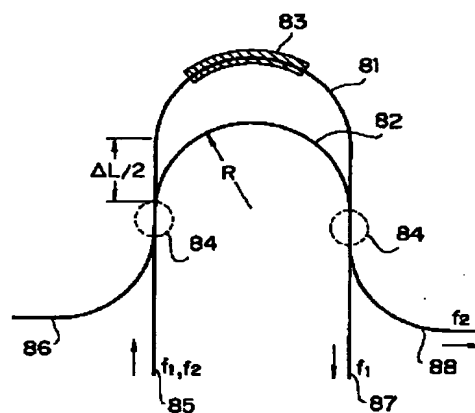
【符号の説明】

- 1 基板
- 2 第1クラッド層
- 3 コア
- 4 第2クラッド層
- 7 ヒータ

【図2】



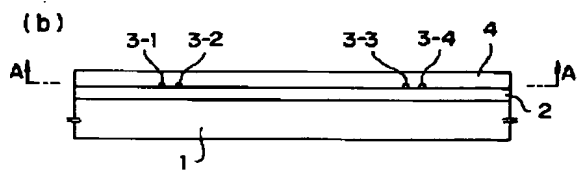
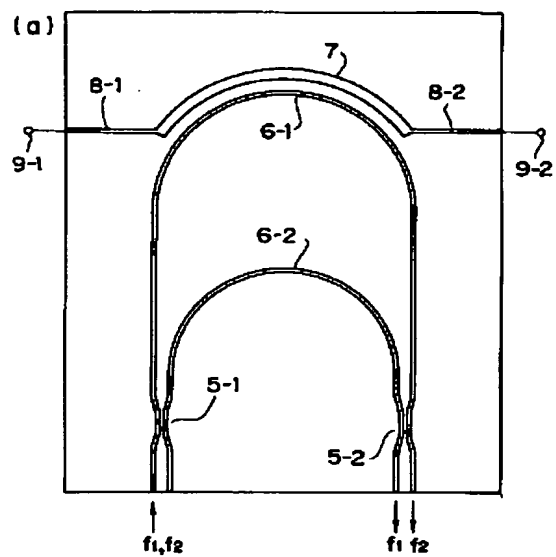
【図8】



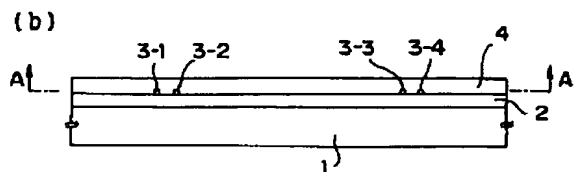
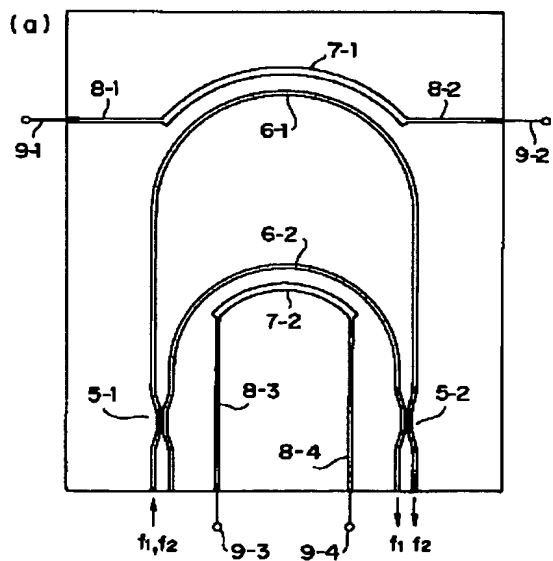
(6)

特許- 2 8 4 8 1 4 4

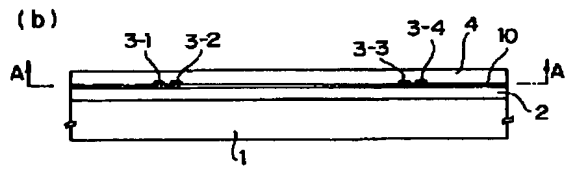
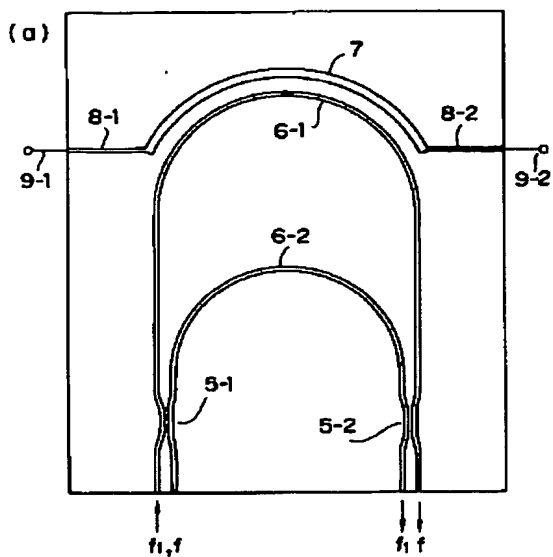
【図 1】



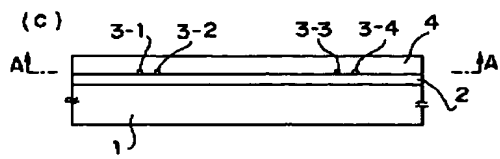
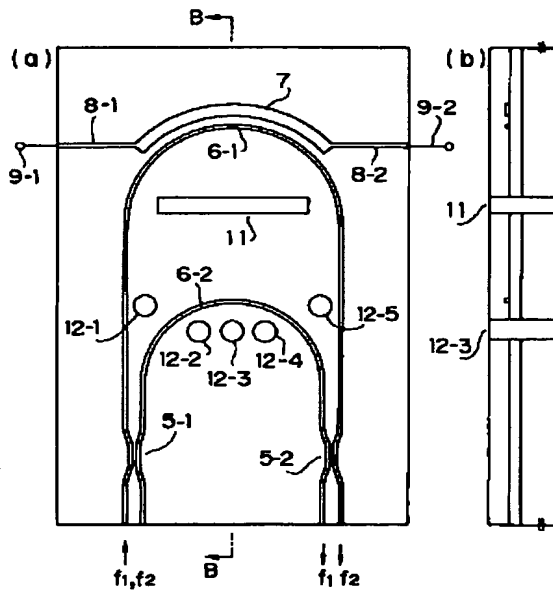
【図4】



【図 3】



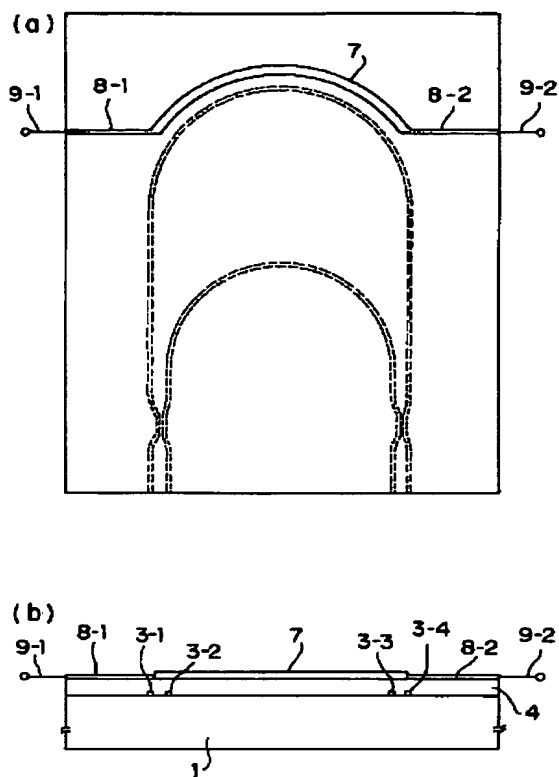
【図 5】



(7)

特許-2848144

【図6】



【図7】

